Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No. 4, 2025, p. 587-604

Investigating the Effect of Chicken Manure and Potassium Sulfate on the Physiological Properties of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Medicinal Plant

Mohammad Hossein Aminifard[1*], Sajjad Nadafan[2], Hassan Bayat[3] & Mehdi Jahani[4]

1- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences and Regional Plant Research Center, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran.
2 and 3- MSc. Student and Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran, respectively.
4- Associate Professor, Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.
(*- Corresponding author's Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir)

Received: 10-12-2023
Revised: 03-02-2024
Accepted: 12-02-2024
Available Online: 12-02-2024

How to cite this article:
Aminifard, M.H., Nadafan, S., Bayat, H., & Jahani, M. (2025). Investigating the effect of chicken manure and potassium sulfate on the physiological properties of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) medicinal plant. *Journal of Agroecology*, *16*(4), 587-604. (In Persian with English abstract)
https://doi.org/10.22067/agry.2024.85755.1175

Introduction

Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) is an annual plant found in many countries in Africa, Asia, and Europe, and India is the largest producer in the world. There are two types of fenugreek, one botanically known as *Trigonella foenum-gracum* and the other *Trigonella corniculata* (Champa or Kasturi Methi) of the Leguminosae family. The integrated management system is a system in which reducing the use of chemical fertilizers, and the combined use of chemical fertilizers and organic materials are considered. Among organic fertilizers, chicken manure is very important due to its high nitrogen concentration, high carbon quality, low carbon-nitrogen ratio, and large amounts of important nutrients required for plant growth. The appropriate amount of potassium sulfate fertilizer in the soil facilitates the osmotic adjustment in the soil, as a result of which the osmotic pressure remains in the leaves, and in this way, the plant's ability to cope with drought stress increases. Therefore, considering the mentioned cases and the lack of scientific information in the field of combining fertilizers, in this research, an attempt was made to find a suitable fertilizer combination consisting of chicken manure and potassium sulfate for the fenugreek plant.

Materials and Methods

To investigate the effect of chicken manure and potassium sulfate on the physiological characteristics of the fenugreek medicinal plant, factorial research was conducted based on a randomized complete block design with three replications in the crop year 2021-2022 in Qochan city in the north of Razavi Khorasan province.

https://doi.org/10.22067/agry.2024.85755.1175

Experimental treatments included chicken manure at three levels (0, 1000, and 2000 kg. h^{-1}) and potassium sulfate at four levels (0, 1.5, 3, and 5 per thousand). The chicken manure concentrate was given to the ground according to the investigated area before planting. The planting depth of fenugreek seeds was considered to be 1.5 cm. To prevent the binding of seeds, the seeds were covered with fine sand mixed with animal manure. Then, at the 4-6 leaf stage, thinning was done to reach the appropriate density. The first irrigation after planting and subsequent irrigations were done once every six days until the end of the growing season. Also, Soluptas fertilizer was applied as a foliar spray after planting, from the six-leaf stage to the flowering stage, three times with an interval of 14 days. The investigated traits of this experiment included morphological and physiological traits, which were sampled after the plants were fruited and the pods turned yellow by removing the marginal effect.

Results and Discussion

The results showed that the highest level of secondary and main stem height, leaf dry weight and other growth traits were obtained with the highest level of chicken manure (2000 kg/ha), which, of course, was not significantly different from the level of 1000 kg/ha of chicken manure. The use of chicken manure, especially in arid and semi-arid areas, which mainly have low organic matter levels, in addition to increasing soil organic matter and availability of nutrients, can improve the physical, chemical, and biological characteristics of these soils. Also, the highest amount of growth traits was obtained with the use of the highest level of Soluptas, i.e. five per thousand. In the interaction effect of two investigated fertilizers, it was observed that the interaction of organic and chemical fertilizers caused a double effect on the investigated growth traits. The level of 2000 kg of chicken manure caused a 16.38% increase in the weight of a thousand fenugreek seeds compared to no fertilization. The weight of 1,000 seeds was 10.408 gr at the 5 per thousand Soluptas level and 8.906 gr at the non-fertilization level. Also, the interaction of chicken manure 2000 kg/ha with each level of Soluptas caused the highest number of pods in the fenugreek plant. The highest levels of both treatments caused an increase of 83.76% and 93.28% of seed and biological yield compared to no fertilization (control level).

Conclusion

In general, it can be concluded that among the simple effects, the highest amount of traits was related to chicken manure, and among the investigated levels in two treatments, the highest yield of fenugreek dry matter was obtained with the consumption of 2000 kg/ha of chicken manure and 5 per thousand Soluptas.

Keywords: Harvest index, Organic fertilizer, Pods, Soluptas

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ٤، زمستان ۱٤۰۳، ص ٦۰٤-٥۸۷

بررسی تأثیر کود مرغی و سولفات پتاسیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)

محمدحسین امینی‌فرد[1]*، سجاد ندافان[2]، حسن بیات[3] و مهدی جهانی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کود مرغی و سولفات پتاسیم بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)، پژوهشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در شهرستان قوچان در شمال استان خراسان رضوی انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل کود پلیت مرغی در سه سطح (صفر و ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت کاربرد خاکی و سولفات پتاسیم (سولوپتاس) در چهار سطح (صفر، ۱/۵، ۳ و ۵ در هزار) به‌صورت محلول‌پاشی بودند. نتایج نشان داد که بالاترین میزان ارتفاع ساقه فرعی و اصلی، وزن خشک برگ و دیگر صفات رشدی با مصرف بیشترین سطح کود مرغی (۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد، که البته با سطح ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین بیشترین میزان صفات رشدی با کاربرد بیشترین سطح سولوپتاس یعنی پنج در هزار حاصل شد. نتایج اثر متقابل دو کود مورد بررسی نشان داد که برهم‌کنش کود آلی و شیمیایی سبب تأثیر دوچندان بر صفات رشدی مورد بررسی گردید. سطح ۲۰۰۰ کیلوگرم کود مرغی موجب افزایش ۱۶/۳۸ درصدی وزن هزار دانه شنبلیله نسبت به عدم کوددهی شد. وزن هزار دانه در سطح پنج در هزار سولوپتاس به‌میزان ۱۰/۴۰۸ گرم و در سطح عدم کوددهی ۸/۹۰۶ گرم بود. همچنین برهم‌کنش کود مرغی ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار با هر سطح از سولوپتاس موجب بیشترین تعداد غلاف در بوته شنبلیله شد. بیشترین سطوح هر دو تیمار سبب افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک نسبت به عدم کوددهی (سطح شاهد) شد. در مجموع بیشترین عملکرد ماده خشک شنبلیله با مصرف ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی و پنج در هزار سولوپتاس به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: سولوپتاس، شاخص برداشت، غلاف، کود آلی

مقدمه

شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)، گیاهی است یک ساله از خانواده لگومینوز که در بسیاری از کشورهای آفریقا، آسیا و اروپا یافت می‌شود و هند بزرگ‌ترین کشور تولیدکننده در جهان است (Aasim et al., 2018). دو گونه شنبلیله وجود دارد، یکی از نظر گیاه‌شناسی به‌نام *Trigonella foenum gracum* و دیگری *Trigonella corniculata* (Kasturi Methi یا Champa) است. برگ شنبلیله حاوی چهار درصد پروتئین، یک درصد چربی و شش درصد کربوهیدرات است (Gopalan et al., 2004). برگ‌های شنبلیله به‌دلیل وجود ترکیباتی مانند آنتول و سوتولون دارای عطر و طعم بی‌نظیری هستند که آن را به یک گیاه دارویی محبوب تبدیل کرده است (Wani & Kumar, Mandal & DebMandal, 2016 ;

۱- دانشیار، گروه علوم باغبانی و مرکز پژوهشی گیاهان ویژه منطقه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۴- دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: mh.aminifard@birjand.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/agry.2024.85755.1175

2018). برگ‌ها و دانه‌های شنبلیله به‌طور گسترده‌ای برای تهیه عصاره و پودر برای کاربردهای درمانی در تحقیقات متعدد مورد استفاده قرار می‌گیرند. چندین آزمایش اولیه روی حیوان و انسان انجام شده است که نشان می‌دهد، شنبلیله اثرات کاهش قند، چربی و کلسترول خون دارد. همچنین گزارش شده است که شنبلیله دارای اثرات ضدباروری، ضدسرطانی، ضدانگلی و ضدمیکروبی است (ElNour et al., 2015).

سیستم مدیریت تغذیه تلفیقی گیاه، سیستمی است که در آن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاربرد ترکیبی کودهای شیمیایی و مواد آلی در نظر گرفته می‌شود (Chen, 2006). کاربرد توأم کودهای شیمیایی و آلی، یکی از راهکارهای مورد تأکید متخصصان تغذیه و تولید گیاهان زینتی در سال‌های اخیر بوده است که به‌عنوان سیستم مدیریتی صحیح در مصرف کودهای شیمیایی و جلوگیری از اثرات زیان‌آور بر آب‌های سطحی و زیرزمینی شناخته شده است که توازن تغذیه‌ای در گیاه را حفظ کرده و عملکرد را بهبود بخشیده است (Allahvirdizadeh & Deljou, 2014). براساس تحقیقات انجام شده، تلفیق کودهای شیمیایی به همراه منابع آلی و بیولوژیک، نتایج مطلوبی در افزایش بازده تولید فرآورده‌های کشاورزی داشته است که خود می‌تواند راهی به‌سوی زراعت ارگانیک و در نهایت، کشاورزی پایدار باشد (Griffe et al., 2003). آزمایشی به‌منظور بررسی اثر نسبت کشت مخلوط بر ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک تاج‌پوشش و عملکرد اسانس شنبلیله و سیاهدانه (*Nigella sativa*) تحت منابع مختلف کودی انجام شد، نتایج این آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه هر دو گیاه از تیمار یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تغذیه شده از منبع کود تلفیقی (۵۰ درصد کود مرغی+۵۰ درصد کود شیمیایی) به‌دست آمد و بیشترین میزان کلروفیل a (۱/۲۱ میکرومول بر میلی‌گرم) به تیمار یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تحت سیستم تلفیقی (۵۰ درصد کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی) اختصاص داشت (Rostaei & Fallah, 2016). همچنین در پژوهشی دیگر، بیشترین (۸/۶) و کمترین (۷/۴) تعداد شاخه جانبی در گیاه شنبلیله به‌ترتیب با کاربرد کود شیمیایی + کود مرغی و کود شیمیایی حاصل شد (Salehi et al., 2017). در همین ارتباط، اثرات مثبت و طولانی‌مدت تلفیق کودهای شیمیایی و آلی بر حاصلخیزی خاک و عملکرد گیاهان زراعی و دارویی توسط دیگر محققان نیز به اثبات رسیده است (Alizadeh et al., 2012; Fallah et al., 2013).

کودهای آلی به‌دلیل دارا بودن عناصر غذایی ضروری و دیگر مزایا (اغلب کم‌هزینه و قابل دسترس)، برای ارتقاء کیفیت و سلامت خاک و همچنین افزایش عملکرد گیاهی استفاده می‌شوند (Perramon et al., 2016). در میان کودهای آلی، کود مرغی به‌دلیل غلظت نیتروژن بالا، کیفیت بالای کربن، نسبت کربن به نیتروژن پایین و فراهم کردن مقادیر زیادی از عناصر غذایی مهم مورد نیاز رشد گیاه، اهمیت زیادی دارد (Abbasi et al., 2010). از طرفی، برخی گزارش‌ها حکایت دارد که کاربرد کودهای آلی به‌تنهایی، برای تأمین همه عناصر مورد نیاز گیاه و بازگشت مواد مغذی به خاک مناسب نیست (Pandey & Patra, 2015; Siadat & Moradi-Telavat, 2018)، بنابراین طبق آزمایش‌های طولانی‌مدت، کاربرد ترکیبی مناسب از کودهای آلی و غیرآلی نه تنها منجر به حفظ حاصلخیزی خاک و بهبود بهره‌وری زراعی می‌شود، بلکه تولید بالاتر گیاه و حداکثر مزایا را نیز برای کشاورزی به دنبال دارد و یک راهبرد امیدبخش برای توسعه بیشتر پایداری کشاورزی به‌شمار می‌رود (Zhao et al., 2016). در آزمایشی به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف کودهای آلی بر صفات مرفوفیزیولوژیکی کاکوتی (*Ziziphora clinopodioides*) مشاهده شد که مصرف کودهای آلی همانند کود مرغی تا میزان دو تن در هکتار با فراهم ساختن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه کاکوتی موجب بهبود رشد گیاه، افزایش ارتفاع بوته و فلاونوئید شد (Karimi Zinkanlou et al., 2017).

کودهای شیمیایی یکی از مهم‌ترین نهاده‌های کشاورزی پیشرفته است و اعمال آن در جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی به عنوان سریع‌ترین رویکرد رفع نیازهای تغذیه‌ای گیاه در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه بسیار متداول و موفقیت‌آمیز بوده است (Al-Taai, 2021). مصرف بهینه کودها آسان‌ترین، سریع‌ترین و کارآمدترین روش دستیابی به افزایش عملکرد در واحد سطح و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی است (Scharf et al., 2005) و بدون اطمینان از تأمین تغذیه مناسب و متعادل گیاهان، امکان دستیابی به عملکرد زیاد وجود ندارد.

پتاسیم یکی از عناصر اصلی و پرمصرف شیمیایی، نقش اصلی در فعالیت رشدونمو گیاهان دارد. همچنین، این عنصر دارای نقش فیزیولوژیکی در رابطه با سلامت گیاه و مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی است. افزایش جذب پتاسیم، باعث تأثیر مثبت در

فتوسنتز، افزایش میزان رشد و شاخص سطح برگ، تقویت سنتز ATP و NADPH، افزایش سنتز کلروفیل b و a، افزایش سرعت انتقال مواد نیتروژنه به دانه‌ها، سنتز بیشتر پروتئین و ترکیبات پلیمری، تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها، افزایش تعداد روزنه‌ها، کاهش تعرق و مهم‌ترین مسئله در هنگام تنش آب یعنی افزایش جذب آب و به‌وجود آوردن شرایط داخلی مناسب از طریق تنظیم فشار اسمزی و همچنین کاهش تعرق می‌گردد (Sakinejad, 2003). در تحقیقی گزارش شد که در گیاه شنبلیله بالاترین ارتفاع گیاه (۳۵/۵۸ سانتی‌متر در گیاه)، تعداد شاخه (۵/۶۶ در هر گیاه)، تعداد غلاف (۱۲/۱۶ غلاف در هر گیاه)، تعداد دانه (۱۱/۵۰ دانه در غلاف) و عملکرد کل (۳۰۵/۵۰ کیلوگرم در هکتار) از مصرف ۴۰۰ میلی‌گرم پتاسیم در ۱۰۰ لیتر آب به‌دست آمد (Naser, 2017).

لذا، با توجه به موارد اشاره شده و کمبود اطلاعات علمی در زمینه تلفیق کودها، در این پژوهش سعی در دستیابی به یافتن ترکیب کودی مناسب متشکل از کود مرغی (به‌عنوان کود آلی) و سولفات پتاسیم (به‌عنوان کود شیمیایی) برای افزایش صفات فیزیولوژیکی و عملکرد گیاه شنبلیله شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در اوایل سال ۱۴۰۰ در شهرستان قوچان در شمال استان خراسان رضوی در یک مزرعه شخصی انجام گردید. قبل از کاشت، پنج نمونه خاک از مکان‌های مختلف انتخاب شد. سپس، آن‌ها را ترکیب کرده و یک نمونه مرکب از آن‌ها تهیه شد و پس از آن برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات خاک آزمایش قبل از کاشت

Table 1- Characteristics of the experiment soil before planting

pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	مواد آلی Organic matter (%)	فسفر قابل جذب Absorbable P (ppm)	پتاسیم قابل جذب Absorbable K (ppm)	نیتروژن کل Total N (%)	آهک Lime (%)	بافت Texture
8	1.1	0.57	1.5	90	0.055	37	Loam لومی

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف کود پلیت مرغی و محلول‌پاشی سولفات پتاسیم (به‌صورت کود تجاری سولوپتاس) بر خصوصیات فیزیولوژیکی شنبلیله، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول، کود پلیت مرغی شامل سه سطح صفر، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار و فاکتور دوم، محلول‌پاشی کود سولوپتاس شامل چهار سطح صفر، ۱/۵، ۳ و ۵ در هزار بود. مشخصات تجزیه کود پلیت مرغی ۷۰ درصد کود مرغی و سولفات پتاسیم مورد استفاده در آزمایش در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است.

برای آماده‌سازی بستر کشت، ابتدا پس از شخم، دیسک و مسطح کردن خاک اقدام به کرت‌بندی زمین شد. ابعاد کرت آزمایش به‌میزان ۱/۵ در یک و فاصله بین کرت‌ها نیم متر در نظر گرفته شد. همچنین فاصله بین بلوک تا بلوک دیگر، یک متر و فاصله کاشت بین ردیف‌ها، ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها، ۱۰ سانتی‌متر بود. عمق کاشت بذور شنبلیله نیز ۱/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کود پلیت مرغی را برحسب سطح مورد بررسی قبل از کاشت به زمین داده شد. به‌منظور جلوگیری از سله بستن، روی بذرها را با ماسه‌های ریز مخلوط با کود دامی پوشانده شد. سپس در مرحله ۴-۶ برگی برای رسیدن به تراکم مناسب (۵۰ بوته در مترمربع) تنک انجام شد.

جدول ۲- مشخصات تجزیه کود پلیت مرغی ۷۰٪ کود مرغی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Characteristics of chicken manure decomposition of 70% chicken manure used in the experiment

نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل استفاده P_2O_5 (%)	پتاسیم محلول در آب K_2O (%)	گوگرد کل Total S (%)	کربن آلی Organic C (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	pH	رطوبت حداکثر Maximum humidity (%)
2	1	2	7	20	4.28	8.42	10

جدول ۳- مشخصات تجزیه کودی سولفات پتاسیم مورد استفاده در آزمایش

Table 3- Characteristics of decomposition of potassium sulfate fertilizer used in the experiment

حداقل حلالیت Minimum solubility (g.L-1)	حداکثر رطوبت Maximum humidity (%)	منگنز کلاته با EDTA Mn chelate with EDTA (%)	مس کلاته با EDTA Cu chelated with EDTA (%)	روی کلاته با EDTA Zn chelate with EDTA (%)	آهن کلاته با EDTA Fe chelate with EDTA (%)	گوگرد محلول در آب Sulfur S in water (%)	پتاسیم محلول در آب K_2O (%)
110	1.5	0.05	0.05	0.05	0.1	18	50

اولین آبیاری، پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به‌فاصله هر شش روز یک بار تا آخر فصل رشد انجام شد. همچنین کود سولوپتاس به‌صورت محلول‌پاشی بعد از کاشت از مرحله شش برگی تا مرحله گل‌دهی طی سه نوبت به‌فاصله ۱۴ روز اعمال گردید. از زمان کاشت تا نمونه‌برداری، وجین و مبارزه با علف‌های هرز نیز انجام شد.

هم‌زمان با رسیدگی فیزیولوژیک (زرد شدن برگ‌ها و غلاف‌ها) از هر کرت پنج بوته با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای به‌طور تصادفی انتخاب شده و سپس صفات شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری شدند.

ارتفاع بوته به‌وسیله خط‌کش از قسمت طوقه بوته اندازه‌گیری و میانگین گرفته شد. قطر ساقه اصلی نیز توسط کولیس اندازه‌گیری شد. برای محاسبه وزن تر بوته، پس از اطمینان از نبود خاک روی سطح بوته، وزن آن با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. همچنین برای تعیین وزن خشک بوته، نمونه‌ها درون پاکت‌های کاغذی در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند و سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ توزین شدند. برای اندازه‌گیری فاصله میان‌گره با استفاده از کولیس دیجیتال، از یک گره تا گره دیگر در قسمت میانی ساقه، اندازه‌گیری انجام شد و سپس میانگین این مقادیر محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری وزن هزار دانه، چند توده ۱۰۰۰ بذری شنبلیله شمارش و میانگین وزن آن‌ها به‌عنوان وزن هزار دانه در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری متوسط وزن غلاف، پنج غلاف از هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و وزن شدند و میانگین آن‌ها به‌عنوان متوسط وزن غلاف یادداشت گردید. جهت اندازه‌گیری تعداد دانه در بوته، پنج بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و تعداد دانه‌های آن شمارش و میانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد دانه در بوته یادداشت گردید. برای تعیین عملکرد نهایی، پس از حذف اثر حاشیه‌ای، کل بوته‌های هر کرت کف‌بر شده و پس از کوبیدن، دانه‌ها جدا و برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. برای تعیین عملکرد بیولوژیک، بوته‌های موجود در یک مترمربع در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک با رعایت اثر حاشیه‌ای، کف‌بر شدند و وزن آن‌ها توسط ترازو اندازه‌گیری و ثبت گردید. جهت محاسبه شاخص برداشت نیز از معادله زیر استفاده شد:

۱۰۰ × (عملکرد بیولوژیک/عملکرد دانه) = شاخص برداشت

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات رویشی: ارتفاع ساقه اصلی و فرعی

نتایج نشان داد که اثر کود مرغی و سولوپتاس و اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی بر صفت ارتفاع ساقه اصلی گیاه شنبلیله معنی‌دار بود (جدول ۴). اثر متقابل فاکتورهای مورد بررسی بر صفت مذکور نشان داد که در حضور کود مرغی، سولوپتاس تأثیر بیشتری بر ارتفاع ساقه داشت. بیشترین طول ساقه اصلی مربوط به اثر متقابل کود مرغی ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و سولوپتاس پنج در هزار به‌میزان ۲۵/۷۶ سانتی‌متر بود که نسبت به عدم مصرف کود ۳۲/۵ درصد افزایش داشت. همچنین مشاهده شد که اثر متقابل سولوپتاس پنج در هزار به همراه کود مرغی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار، اختلاف معنی‌داری با بالاترین سطوح اثر متقابل نداشت (جدول ۶).

نتایج نشان داد که اثر کود مرغی و سولوپتاس و همچنین اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی بر طول ساقه فرعی نیز معنی‌دار بود (جدول ۴). در اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی بر صفت طول ساقه فرعی مشاهده شد که بیشترین میزان این صفت در برهم‌کنش‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی و پنج در هزار سولوپتاس بود.

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر کود مرغی و سولوپتاس و اثر متقابل آن‌ها روی صفات رویشی شنبلیله

Table 4- Variance analysis of the effect of chicken manure and Soluptas and their mutual effect on the vegetative traits of fenugreek

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع ساقه اصلی Main stem height	ارتفاع ساقه فرعی Secondary stem height	قطر ساقه Stem diameter	وزن تر بوته Plant fresh weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	وزن برگ در بوته Leaf weight per plant	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	تعداد گره در بوته Number of nodes per plant	فاصله میان‌گره Internode distance
بلوک Block	2	4.110^{ns}	1.144^{ns}	0.001^{ns}	1.935^{ns}	0.061^{ns}	0.0001^{ns}	5.77^{ns}	10.75^{ns}	1.47^{ns}
کود مرغی Chicken manure (C)	2	12.199*	10.483**	0.136^{ns}	19.992**	0.340**	0.0065**	40.44*	3.25^{ns}	2.83^{ns}
سولوپتاس Soluptas (S)	3	118.685**	59.732**	0.436**	149.652**	2.126**	0.00346**	389.33**	104.25**	4.25*
C × S	6	16.268**	6.436**	0.143*	10.410**	0.111**	0.0031**	28.00*	13.25^{ns}	0.877^{ns}
خطا Error	22	2.149	1.018	0.043	1.229	0.027	0.0002	10.14	6.11	1.346
ضریب تغییرات C.V.		4.55	10.29	7.25	10.02	9.27	13.42	13.91	10.05	10.62

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns: significant at 5 and 1% probability levels and without significant difference, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات رویشی تحت اثر سطوح کود مرغی و محلول‌پاشی سولوپتاس

Table 5- Mean Comparison of average vegetative traits under the effect of chicken manure levels and Soluptas foliar application

تیمارها Treatments	ارتفاع ساقه اصلی Main stem height (cm)	ارتفاع ساقه فرعی Secondary stem height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	وزن تر بوته Plant fresh weight (g)	وزن خشک بوته Plant dry weight (g)	وزن برگ در بوته Leaf weight per plant (g)	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	تعداد گره در بوته Number of nodes per plant	فاصله میان‌گره Internode distance (cm)
کود مرغی (کیلوگرم در هکتار) Chicken manure ($kg.ha^{-1}$)									
0	20.70	8.76	2.74	4.78	0.81	0.043	5.25	8.00	2.60
1000	21.90	10.10	2.94	5.86	0.86	0.054	5.75	8.25	2.73
2000	21.82	10.55	2.91	5.94	0.98	0.066	6.16	8.33	2.85
$LSD_{0.05}$	0.98	0.98	0.26	0.59	0.10	0.004	0.97	0.94	0.30
سولوپتاس (در ۱۰۰۰) Soluptas (in 1000)									
0	17.97	7.00	2.58	2.94	0.64	0.026	3.88	7.11	2.47
1.5	19.97	8.29	2.79	4.93	0.72	0.035	4.88	7.33	2.83
3	23.30	11.47	3.07	6.69	1.01	0.060	6.55	9.00	2.79
5	24.66	12.45	3.02	7.54	1.16	0.095	7.55	9.33	2.81
$LSD_{0.05}$	0.99	1.02	0.20	0.55	0.07	0.007	0.77	0.81	0.29

جدول ٦- مقایسه میانگین صفات رویشی تحت اثر ترکیبات تیماری کود مرغی و محلول‌پاشی سولوپتاس

Table 6- Mean comparison of average vegetative traits under the effect of chicken manure treatment compounds and Soluptas foliar application

تیمارها Treatments		ارتفاع ساقه اصلی Secondary stem height (cm)	ارتفاع ساقه فرعی Secondary stem height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	وزن تر بوته Plant fresh weight (g)	وزن خشک بوته Plant dry weight (g)	وزن برگ در بوته Leaf weight per plant (g)	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant
کود مرغی (کیلوگرم در هکتار) Chicken manure (kg.ha^{-1})	سولوپتاس (در ۱۰۰۰) Soluptas (in 1000)							
0	0	17.37	6.43	2.56	2.68	0.58	0.023	4.00
	1.5	18.62	7.43	2.78	3.73	0.66	0.026	4.66
	3	23.80	11.26	3.10	6.69	1.04	0.060	6.00
	5	23.02	9.91	2.55	6.04	0.97	0.063	6.33
1000	0	20.11	8.71	2.49	3.96	0.62	0.033	4.33
	1.5	20.58	7.89	2.86	5.49	0.74	0.040	5.00
	3	21.73	10.36	3.12	5.92	0.85	0.045	6.00
	5	25.20	13.45	3.30	8.07	1.22	0.09	7.66
2000	0	16.44	5.87	2.68	2.19	0.72	0.023	3.33
	1.5	20.72	9.56	2.75	5.58	0.76	0.040	5.00
	3	24.36	12.79	3.00	7.46	1.13	0.076	7.66
	5	25.76	14.00	3.23	8.52	1.29	0.12	8.66
LSD 0.05		1.71	1.78	0.34	0.96	0.13	0.01	1.34

در عدم مصرف کود، طول ساقه فرعی ۵/۸۷ سانتی‌متر و در برهم‌کنش بالاترین میزان کودها، طول ساقه فرعی ۱۴ سانتی‌متر بود (جدول ۶).

کریمی زینکانلو و همکاران (Karimi Zinkanlou et al., 2015) در آزمایشی به‌منظور تأثیر سطوح مختلف کودهای آلی بر صفات مرفوفیزیولوژیکی کاکوتی دریافتند که مصرف کودهای آلی همانند کود مرغی تا میزان دو تن در هکتار با فراهم ساختن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه کاکوتی موجب بهبود رشد گیاه و افزایش ارتفاع بوته شده است. همچنین تهامی و همکاران (Tahami et al., 2010) در یک آزمایش نشان دادند که کودهای آلی نسبت به شاهد و کودهای شیمیایی باعث افزایش ارتفاع بوته در ریحان (*Ocimum basilicum*) شد. یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده ارتفاع گیاه، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است، تیمارهای کود مرغی با تأمین تدریجی عناصر غذایی، این عمل را به‌خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند.

گزارش شده است که پتاسیم از طریق تنظیم اسمزی، پتانسیل آب لازم را برای رشد و به تبع آن برای تقسیم سلولی حتی در شرایط خشکی فراهم می‌کند و با این کار نه تنها از کاهش ارتفاع ساقه جلوگیری می‌کند، بلکه در برخی مواقع منجر به افزایش ارتفاع ساقه نیز می‌شود (Marschner, 1995). نتایج تحقیق حاضر با مطالعات اسماعیلیان و جلالی (Esmaeilian & Jalali, 2022) مبنی بر افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گیاه دارویی شنبلیله تغذیه شده با کود شیمیایی (۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) مطابقت دارد. سایر محققان نیز بیشترین ارتفاع بوته گیاه شنبلیله را از مصرف ۱۰۰ درصد توصیه کود شیمیایی سولفات آمونیوم + سولفات پتاسیم گزارش کردند (Ibrahim & Helaly, 2017). نتایج آزمایش ناصر (Naser, 2017) نیز نشان داد که از مصرف ۴۰۰ میلی‌گرم پتاسیم در ۱۰۰ لیتر آب، بالاترین ارتفاع بوته شنبلیله به‌دست آمد.

قطر ساقه

نتایج به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که سولوپتاس و اثر متقابل سولوپتاس و کود مرغی بر صفت قطر ساقه شنبلیه به‌ترتیب معنی‌دار بود، ولی اثر کود مرغی بر صفت مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۴). در اثر متقابل سولوپتاس و کود مرغی بر صفت مورد بررسی مشاهده شد که بیشترین قطر ساقه مربوط به برهم‌کنش کود مرغی ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌همراه پنج در هزار سولوپتاس به‌دست آمد؛ همچنین کمترین قطر ساقه مربوط به عدم استفاده از

کود سولوپتاس و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی بـه‌میزان ۲/۴۹ میلی‌متر بود (جدول ۶).

آزادسازی کند عناصر غذایی بـه‌ویژه پتاسیم از کـود آلـی سـبب دسترسی بهتر به مواد غذایی و همچنـین وجـود مـاده آلـی در سـطح کودی موجب فراهم شدن شرایط مناسب‌تری برای انجـام فتوسـنتز و تخصیص ماده فتوسنتزی بیشتری به ساقه شده و بـه دنبـال آن قطـر ساقه نیز افزایش یافته است. نتایج به‌دست آمده با یافته‌های مقصودی و همکاران (Maghsudi et al., 2014) مبنی بر افزایش قطـر سـاقه ذرت (*Zea mays*) تحت تأثیر سیستم‌هـای تغذیـه تلفیقـی مطابقـت دارد. مصـرف تلفیقـی کودهـای شـیمیایی و آلـی، بـه‌عنوان سیسـتم مدیریتی صحیح و منطقی می‌تواند علاوه‌بر کاهش مصـرف کودهـای شیمیایی و جلوگیری از اثرهای زیان‌آور آن‌ها بـر آب‌هـای سـطحی و زیرزمینی، توازن تغذیه‌ای در گیاهان را حفظ کرده و عملکرد آن‌هـا را افزایش دهد (Javanmard & Shekari, 2016).

وزن تر و خشک بوته

داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که اثر کود مرغی، سولوپتاس و برهم‌کنش کود مرغی و سولوپتاس همگی بر صفت وزن تر بوته معنی‌دار بودند (جدول ۴). اثر متقابل فاکتورهای مورد بررسـی نشان داد که با حضور و افزایش میزان کود مرغی، تأثیر سولوپتاس نیز بر صفت وزن تر بوته بیشتر بود، به‌نحوی‌که بیشترین میـزان وزن تـر بوته در اثر متقابل کود مرغی ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و پنج در هـزار سولوپتاس به‌میزان ۸/۵۲ گرم بود کـه البتـه از نظـر آمـاری اخـتلاف معنی‌داری با سطح ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی و پنج در هزار سولوپتاس وجود نداشت (جدول ۶).

سایر محققان نیز بیشترین وزن تر گیاه شنبلیله را از مصرف کـود مرغی گزارش کردنـد (Jasim et al., 2016) کـه بـا نتـایج تحقیـق حاضر مطابقت دارد. محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات پتاسیم، وزن خشـک بـرگ، وزن تـر گـل آذیـن و وزن تـر انـدام هـوایی شـوید (*Anethum graveolens* L.) را افـزایش داد. بیشـترین میـزان ایـن صفات در تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم دو گرم بر لیتـر مشـاهده شد (Mehrafarin et al., 2017).

نتایج نشان داد که اثـر فاکتورهـای کـود مرغـی و سـولوپتاس و همچنین برهم‌کنش این دو فاکتور بر صفت وزن خشک بوته معنی‌دار بود (جدول ۴). اثر متقابل دو فاکتور مورد بررسی بر وزن خشک بوتـه نشان داد که در حضور کود مرغی، مصرف سولوپتاس نتیجـه بهتـری دارد و سبب افزایش بیشتر وزن خشک بوته شد. نتایج حاکی از آن بود که بیشترین وزن خشک بوته در اثر متقابل کود مرغی ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و پنج در هزار سولوپتاس به‌میزان ۱/۲۹ گرم بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با برهم‌کنش ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کـود مرغی و پنج در هزار سولوپتاس نداشت. کمترین میزان این صفت نیز مربوط به عدم مصرف هر دو کود بود (جدول ۶).

طی تحقیقی توسط میرهاشمی و همکاران (Mirhashmi et al., 2009) گزارش شد که بیشـترین تجمـع مـاده خشـک گیـاه دارویـی شنبلیله از مصرف ۲۵ تن در هکتار کود دامی به‌دست آمـد. قنبـری و همکـاران (Ghanbari et al., 2017) نیـز بیشـترین عملکـرد مـاده خشک شنبلیله را از سطح کودی ۲۴ تن در هکتار کـود دامـی اعـلام کردنـد. نتـایج ایـن آزمـایش بـا گـزارش مطالعـه ابـراهیم و هلالـی (Ibrahim & Helaly, 2017) مبنی بر افزایش وزن خشک بوته گیاه شنبلیله در نتیجه مصرف کود سولفات پتاسیم هماهنگ بود.

وزن برگ

نتایج داده‌های به‌دست آمده از ایـن آزمـایش نشـان داد کـه اثـر فاکتور کود مرغی و سولوپتاس و همچنین اثر متقابل سولوپتاس و کود مرغی بر صفت وزن برگ شنبلیه معنـی‌دار بودنـد (جـدول ۴). در اثـر متقابل دو فاکتور آزمایش مشاهده شد که برهم‌کنش بالاترین سـطوح دو فاکتور سبب تولید بیشترین وزن برگ به‌میزان ۰/۱۲۶ گرم شد که نسبت به سطح شاهد و عدم مصـرف کـود، ۴۲۱/۷۳ درصـد افـزایش داشت (جدول ۶).

نتایج نشان داد که با افزایش کود مرغی، وزن برگ نیـز افـزایش یافت و علّت این افزایش استفاده از مواد آلی اسـت کـه باعـث جـذب بهتر مواد غذایی شده و موجب افزایش تقسیم سلولی و بـزرگ شـدن سلول‌ها در گیاه می‌شود. کود مرغی با افزایش مـواد آلـی و هومـوس خاک، موجب افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و پوشـاندن سـطح ذرات رس مانع تثبیت شدن فسفر در خاک می‌شود، در نتیجـه فسـفر موجود در خاک به‌خوبی می‌توانـد در اختیـار گیـاه قـرار گیـرد (BS, 2005). علاوه‌براین، این کودها منبع غنی از کلسیم، منیـزیم، آهـن، روی، مس و گوگرد می‌باشند و در نهایت، منجر به افـزایش عملکـرد می‌شوند (Pandey et al., 2016). احتمـالاً افـزودن کنسـانتره کـود مرغ به خاک نیز نه تنهـا تـدارک عناصـر غـذایی مـورد نیـاز گیـاه را

افزایش داده است، بلکه بـا بهبـود شـرایط فیزیکـی و فرآینـدهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجب افزایش رشد انـدام هوایی و تولیـد مـاده خشـک نیـز شـده اسـت (Rezae & Baradaran, 2013).

جیانرونـگ و همکـاران (Jianrong et al., 1995) در چـین بـا کاربرد سطوح مختلف پتاسیم بر روی تـوت (*Morus alba*) دریافتنـد که پتاسیم سبب افزایش رشد بهتـر بـرگ‌هـا و بـرگ‌هـای سـبزتر و بزرگ‌تر شد. اثر پتاسیم در رشد به این دلیل است کـه ایـن عنصـر در ساخت مواد هیدروکربنه در گیاه نقـش دارد و گیـاه مبـتلا بـه کمبـود پتاسیم با تغییرات فتوسـنتز و تـنفس همـراه اسـت. کـم شـدن مـواد هیدروکربنه کل گیاه در اثر کم شدن فتوسنتز و زیاد شدن تنفس است و در نتیجه، کاهش تجمع ماده خشک را به دنبال دارد (Sadrzadeh & Moalemi, 2005).

تعداد برگ

داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که اثر سولوپتاس و اثر متقابل کود مرغی و سولوپتاس بر صفت تعداد برگ شنبلیله تأثیر معنی‌داری داشت، ولی اثر کود مرغی بر صفت تعداد برگ تأثیر معنـی داری نداشت (جدول ۴). اثر متقابل کود مرغی و سولوپتاس نشـان داد که در برهم‌کنش این دو کود بیشترین تعداد برگ مربوط به بـالاترین سطوح دوفاکتور بود، ولی اخـتلاف معنـی‌داری بـا بـرهم‌کنش ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی و پنج در هـزار سـولوپتاس و همچنـین بـرهم‌کنش ۲۰۰۰ کیلـوگرم در هکتـار کـود مرغـی و سـه در هـزار سولوپتاس نداشت (جدول ۶).

به نظر می‌رسد که بهبود عناصر غذایی خـاک و تـا حـدی بهبـود کیفیت ساختار خاک، همراه با استفاده از کود مرغـی، سـبب افـزایش تعداد برگ در بوته می‌شود. این امر موجب افزایش میزان جذب نـور و فتوسنتز شده و در نتیجه، مواد هیدروکربنی بیشتری در برگ‌های گیاه تولید و وزن برگ افزایش می‌یابد. نتـایج بررسـی حاضـر بـا گـزارش ابراهیم و هلالی (Ibrahim & Helaly, 2017) که اظهار داشتند، بـا افزایش میزان مصرف کودهای شیمیایی سولفات آمونیـوم + سـولفات پتاسیم تعداد برگ گیاه دارویی شنبلیله افـزایش مـی‌یابـد، همـاهنگی دارد. کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی باعـث تـأمین قسـمتی از عناصر مورد نیاز گیاه، افزایش قابلیت جذب عناصر غـذایی و افـزایش کارآیی جذب عناصر از کود شیمیایی می‌شـود (Noorgholipour et al., 2019) که تحت تأثیر تیمار برهم‌کنش کود آلی و کود شـیمیایی به‌دلیل بهبود جذب عناصر غذایی، افزایش در تعداد برگ مشاهده شـد که با نتایج تحقیقات مذکور مطابقت و هم‌خوانی دارد.

تعداد گره و فاصله میان‌گره

نتایج نشان داد که سولوپتاس بر صفت تعداد گـره گیـاه شـنبلیله معنی‌دار بود، امّا اثر کود مرغی و همچنین اثـر متقابـل کـود مرغـی و سولوپتاس بر صفت مذکور معنی‌دار نبودند (جدول ۴). جدول مقایسـه میانگین اثر سولوپتاس بر صفت تعداد گره نشان داد که تا سـطح ۱/۵ در هزار سولوپتاس اثر معنی‌داری بر تعداد گره نداشت، ولی سطح سـه و پنج در هزار سولوپتاس سبب افزایش معنی‌دار صفت مـذکور نسـبت به عدم استفاده از سولوپتاس شدند؛ به‌نحوی‌کـه سـطح پـنج در هـزار سولوپتاس سبب افزایش ۳۱/۲۲ درصدی تعداد گره نسـبت بـه شـاهد شد. البته لازم به ذکر است که سطح سه و پنج در هزار سـولوپتاس از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۵).

داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که تنها اثر سـاده سولوپتاس بر فاصله میان‌گره تأثیر معنـی‌داری در سـطح پـنج درصـد داشت و اثر ساده کود مرغی و اثر متقابل دو فـاکتور ذکـر شـده تـأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۴). جـدول مقایسـه میـانگین نشان داد که استفاده از سولوپتاس سبب افزایش فاصله میان‌گره شـد، امّا اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف سولوپتاس وجود نداشت. در جدول ۵ مشاهده شد که سطح ۱/۵ در هزار سولوپتاس سبب افـزایش ۱۲/۷ درصدی فاصله میان‌گره نسبت به عـدم اسـتفاده از سـولوپتاس شد.

افـزایش غلظـت پتاسیم می‌تواند سبب افـزایش میـزان تولیـد مـواد فتوسـنتزی و افـزایش سـرعت تولیـد گـره در گیـاه کنـف (*Hibiscus cannabinus* L.) شـود (Hossain et al., 2010). شـفیعی زرگـر در بررسـی صـفات کمّـی و کیفـی خیـار (*Cucumis sativus*) به تبعیت از مواد آلی و معدنی در کشت پاییزه به این نتیجه رسید که ۳۰ تن کود دامی در هکتار بیشـترین تعـداد گـره در بوتـه را تولید می‌نماید (Shafii Zargar, 2015).

صفات زایشی: وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که اثر کود مرغی و سولوپتاس بر صفت وزن هزار دانه بود. همچنین مشخص شد که برهم‌کنش دو فاکتور مورد بررسی

تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه شنبلیله نداشت (جدول ۷). مقایسه میانگین داده‌های به‌دست آمده نشان داد که کود مرغی تا سطح ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری با سطح عدم کوددهی نداشت، ولی سطح ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه شد، به‌نحوی‌که این سطح موجب افزایش ۱۶/۳۸ درصدی وزن هزار دانه شنبلیله نسبت به عدم کوددهی شد (جدول ۸). جدول مقایسه میانگین اثر سولوپتاس نشان داد که مصرف این کود سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه شنبلیله نسبت به سطح شاهد شد، ولی اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف سولوپتاس وجود نداشت. وزن هزار دانه در سطح پنج در هزار سولوپتاس به‌میزان ۱۰/۴۰۸ گرم و در سطح عدم کوددهی ۸/۹۰۶ گرم بود (جدول ۸).

گزارش شده است که کاربرد خاکی سولفات پتاسیم موجب افزایش طول سنبله، وزن هزاردانه، تعداد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم (*Triticum aestivum*) شد (Ghalenoei et al., 2014). وزن هزار دانه بستگی به مقدار کربوهیدرات‌های ذخیره شده در طی دوران پر شدن میوه دارد و اندازه نهایی دانه تا حدود زیادی بین ژنوتیپ‌های گیاه و نیز تحت شرایط محیطی مختلف متغیر است (Azizi et al., 2008). احتمالاً افزایش سطح برگ جهت تولید و انتقال ماده فتوسنتزی بیشتر به دانه، همچنین آزادسازی عناصر غذایی از جمله نیتروژن با کاربرد کود مرغی در مرحله پر شدن دانه، دلیل بالا بودن وزن هزار دانه نسبت به شاهد می‌باشد، همچنین به نظر می‌رسد که کودهای آلی با تأثیر در افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن و عناصر ریزمغذی، باعث افزایش وزن هزار دانه می‌شوند. یوواه و همکاران (Uwah et al., 2014) گزارش کردند که بیشترین وزن هزار دانه ذرت شیرین (*Zea mays* L. Saccharata Strut) به‌میزان ۹۰/۱۷ گرم در تیمار ۱۵ تن کود مرغی در هکتار و کمترین وزن هزار دانه به میزان ۶۴/۹۲ گرم در شاهد به‌دست آمد. روستایی و همکاران (Rostaie et al., 2015) نیز بیشترین وزن هزاردانه گیاه شنبلیله را در کشت خالص تحت کاربرد کود آلی و تلفیقی به‌دست آوردند.

وزن خشک غلاف

نتایج نشان داد که اثر کود مرغی و سولوپتاس بر صفت وزن خشک غلاف شنبلیله معنی‌دار بود و همچنین مشخص شد که برهم‌کنش دو فاکتور مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک غلاف شنبلیله نداشت (جدول ۷). مقایسه میانگین داده‌های به‌دست آمده نشان داد که کود مرغی تا سطح ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری با سطح عدم کوددهی نداشت، ولی سطح ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک غلاف شد، به‌نحوی‌که این سطح موجب افزایش ۲۳/۵۲ درصدی وزن خشک غلاف شنبلیله نسبت به عدم کوددهی شد (جدول ۸).

جدول ۷- تجزیه واریانس صفات عملکرد و اجزاء عملکرد تحت اثر سطوح کود مرغی و محلول‌پاشی سولوپتاس

Table 7- Variance analysis of yield traits and yield components under the effect of chicken manure levels and Soluptas foliar application

منابع تغییرات S.O.V	وزن هزار دانه Weight of 1000-seeds	وزن خشک غلاف Dry weight of pods	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2.170^{ns}	0.00002^{ns}	306.01^{ns}	0.016^{ns}	219.44^{ns}	39869^{ns}	211.52^{ns}
کود مرغی Chicken manure (C)	7.598**	0.045**	29927**	7.221**	168369**	387703**	519.86^{ns}
سولوپتاس Soluptas (S)	3.433*	0.016*	13978**	5.987**	125437**	602521**	764.51*
C × S	2.093^{ns}	0.006^{ns}	3375^{ns}	2.712*	115351**	50088*	1468.8**
خطا Error	0.867	0.004	1478.1	1.089	21395	13614	258.49
ضریب تغییرات C.V.	9.69	12.28	25.40	9.177	13.74	9.06	12.62

*، ** و ns: به‌ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns: significant at 5 and 1% probability levels and without significant difference, respectively

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات عملکرد و اجزاء عملکرد تحت اثر سطوح کود مرغی و محلول‌پاشی سولوپتاس

Table 8- Mean comparison of average yield traits and yield components under the effect of chicken manure levels and Soluptas foliar application

تیمارها Treatments	وزن هزار دانه Weight of 1000-seeds (g)	وزن خشک غلاف Dry weight of pods (g)	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)
کود مرغی Chicken manure (kg.ha^{-1})							
0	9.03	0.51	105.68	10.76	47.45	115.50	41.52
1000	9.26	0.56	143.67	11.10	52.91	121.41	46.66
2000	10.51	0.63	204.67	12.24	59.29	149.16	40.53
LSD 0.05	0.43	0.08	47.53	2.00	3.73	5.65	2.93
سولوپتاس (در ۱۰۰۰) Soluptas (in 1000)							
0	8.90	0.51	115.25	10.59	44.61	95.00	47.65
1.5	9.60	0.56	133.04	11.27	54.16	121.77	46.05
3	9.50	0.58	150.76	11.10	56.83	148.44	39.06
5	10.40	0.62	206.31	12.51	57.27	149.55	38.84
LSD 0.05	1.00	0.06	37.26	0.78	3.22	12.56	5.80

جدول ۹- مقایسه میانگین صفات عملکرد و اجزاء عملکرد تحت اثر ترکیبات تیماری کود مرغی و محلول‌پاشی سولوپتاس

Table 9- Mean comparison of average yield traits and yield components under the effect of chicken manure treatment compounds and Soluptas foliar application

تیمارها Treatments		تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)
کود مرغی Chicken manure (kg.ha^{-1})	سولوپتاس (در ۱۰۰۰) Soluptas (in 1000)				
0	0	9.66	38.00	89.33	43.69
	1.5	9.62	36.50	113.33	32.13
	3	10.77	57.83	129.33	44.79
	5	12.99	57.50	130.00	45.47
1000	0	10.44	47.33	93.00	51.90
	1.5	12.11	63.00	96.00	65.67
	3	9.99	56.83	150.66	38.54
	5	11.88	44.50	146.00	30.53
2000	0	11.66	48.50	102.66	47.37
	1.5	12.10	63.00	156.00	40.37
	3	12.55	55.83	165.33	33.84
	5	12.66	69.83	172.66	40.53
LSD 0.05		1.36	5.58	21.75	10.05

جدول مقایسه میانگین اثر سولوپتاس نشان داد کـه مصرف ایـن کود سبب افزایش معنی‌دار صفت مورد بررسی نسبت به سطح شـاهد شد، ولی اختلاف معنی‌داری بـین سـطوح مختلـف سـولوپتاس وجـود نداشت. وزن خشک غلاف در سطح پنج در هزار سولوپتاس بـه‌میزان ۰/۶۲۰ گرم و در سطح عدم کوددهی ۰/۵۱۷ گرم بود (جدول ۸).

محققان در بررسی اثرات کودها بر رشد و اجزاء عملکـرد شـنبلیله در شرایط مزرعه به این نتیجـه رسـیدند کـه بیشـترین میـانگین وزن غـلاف در هـر گیـاه و عملکـرد از مصـرف کـود شـیمیایی NPK (۸۰:۴۰:۴۰) نسبت به سایر کودهـا بـه‌دسـت آمـد (Vedpathak & Chavan, 2016).

تعداد دانه در بوته

نتایج نشان داد که اثر کود مرغی و اثر سولوپتاس بر صفت تعـداد دانه در بوته معنی‌دار بود، ولی برهم‌کنش دو فاکتور مورد بررسی تأثیر

معنی‌داری بر تعداد دانه در بوته شنبلیله نداشت (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر کود مرغی نشان داد که با افزایش در هر سطح این کود، تعداد دانه در بوته نیز افزایش می‌یابد، به‌نحوی‌که بیشترین تعداد دانه در بوته شنبلیله در سطح ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی به‌میزان ۲۰۴/۶۷ و کمترین این صفت مربوط به عدم کوددهی به‌میزان ۱۰۵/۶۸ بود. در اثر سولوپتاس مشاهده شد که با افزایش میزان این صفت تا سطح سه در هزار سولوپتاس، افزایش معنی‌داری در تعداد دانه در بوته مشاهده نگردید، ولی سطح پنج سولوپتاس سبب افزایش معنی‌دار این صفت به‌میزان ۷۹/۰۱ درصد نسبت به عدم کوددهی شد (جدول ۸). می‌توان این‌گونه برداشت کرد که به‌علّت افزایش تعداد دانه در غلاف و افزایش غلاف در بوته در مصرف کود دامی و شیمیایی، به تبع آن تعداد دانه در بوته نیز افزایش یافته است.

عرضه پتاسیم برای گیاهان دچار کمبود میزان کلروفیل برگ، هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز و انتقال اسیدهای آمینه در گیاه به‌ویژه انتقال آبی به دانه‌های در حال رشد را افزایش می‌دهد. در سطوح زیاد پتاسیم، انتقال تا چند برابر هم افزایش می‌یابد (Seilsepour, 2014). طی آزمایشی با بررسی اثر سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزاء عملکرد سه رقم ماش (*Vigna radiata*) نتایج نشان داد که اثر کود پتاس بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار است (Shirvanipour et al., 2013). همچنین نتایج دیگر محققان حاکی از آن است که کاربرد تلفیقی کود شیمیایی به‌همراه کود دامی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش تعداد دانه گیاه شنبلیله شد (Rostaie et al., 2015).

تعداد غلاف در بوته

داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که اثر سولوپتاس و همچنین اثر متقابل این دو فاکتور نیز بر صفت تعداد غلاف در بوته معنی‌دار بود، امّا اثر کود مرغی بر صفت مذکور معنی‌دار نبود (جدول ۷). در اثر متقابل فاکتورهای مورد بررسی مشاهده شد که در عدم حضور کود مرغی، سولوپتاس تا سطح سه در هزار نتوانست موجب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته شود. همچنین از این سو مشاهده شد که در برهم‌کنش کود مرغی ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار با هر سطح از سولوپتاس موجب بیشترین تعداد غلاف در بوته شنبلیله شد و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۹).

پژوهشگران بیان کردند که کمبود پتاسیم موجود در خاک در مرحله دانه‌بندی، سبب کاهش غلظت این عنصر در برگ‌ها به کمتر از ۱۰ گرم در کیلوگرم ماده خشک گیاهی می‌شود که ریزش غلاف، کاهش تعداد دانه و وزن ۱۰۰ دانه گیاه سویا (*Glycine max*) را به دنبال دارد (Hanway & Johnson, 1985). طی آزمایشی با بررسی اثر سطوح مختلف کود سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزاء عملکرد سه رقم ماش نتایج نشان داد که اثر کود پتاس بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار است (Shirvanipour et al., 2013). محلول‌پاشی پتاسیم (۴۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ لیتر آب) نیز منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته گیاه شنبلیله شد (Naser, 2017). ادیم و همکاران (Adim et al., 2022) گزارش کردند که بیشترین تعداد غلاف در بوته گیاه کلزا (*Brassica napus*) در تیمار کود شیمیایی ۵۰ درصد + کود مرغی ۵۰ درصد + کود کمپوست ۵۰ درصد + کود زیستی (T6) مشاهده شد که نسبت به شاهد (با کمترین مقادیر) افزایش ۳۷/۶ درصدی داشت (p<۰/۰۵).

عملکرد دانه

نتایج داده‌های به‌دست آمده نشان داد که اثر سولوپتاس و همچنین برهم‌کنش این دو کود بر صفت عملکرد دانه شنبلیله معنی-دار بودند(جدول ۷). در جدول اثر متقابل داده‌های به‌دست آمده مشاهده شد که بیشترین سطوح هر دو تیمار سبب افزایش ۸۳/۷۶ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کوددهی (سطح شاهد) شد (جدول ۹).

در تأیید نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، صالحی و همکاران (Salehi et al., 2017) با بررسی تغذیه گیاه دارویی شنبلیله با کودهای آلی (کود مرغی) و شیمیایی به این نتیجه رسیدند که کود تلفیقی در شنبلیله، عملکرد دانه را نسبت به کودهای شیمیایی افزایش داد. همچنین روستایی و فلاح (Rostaei & Fallah, 2016) بیشترین عملکرد دانه هر دو گیاه را از تیمار یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف شنبلیله تغذیه شده از منبع کود تلفیقی (۵۰ درصد کود مرغی + ۵۰ درصد کود شیمیایی) گزارش کردند. در آزمایشی که بر روی اثر نوع و مقدار کود دامی بر عملکرد پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) صورت گرفت، نتایج نشان داد که کود مرغی به‌میزان ۲۰ تن در هکتار بیشترین عملکرد پنبه را تولید کرد (Houshyarifard & Qaranchik, 2009). در نتایجی مشابه روی گیاه شنبلیله، گزارش شده است که محلول‌پاشی پتاسیم در بالاترین سطح (۴۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ لیتر) سبب افزایش معنی‌دار عملکرد کل نسبت به شاهد شد

(Naser, 2017). همچنین در پژوهشی دیگر، عملکرد دانه شنبلیله در تیمار تغذیه شیمیایی (۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) بیشترین افزایش را داشت (Esmaeilian & Jalali, 2022).

عملکرد بیولوژیک

داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش نشان داد که اثر کود مرغی و سولوپتاس و همچنین اثر متقابل این دو فاکتور نیز بر صفت عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۷). اثر متقابل دو فاکتور بر صفت عملکرد بیولوژیک نشان داد که کمترین میزان این صفت مربوط به سطح شاهد (عدم استفاده از کودها) و همچنین سطوح ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی و عدم سولوپتاس بود؛ همچنین در سطح ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی مشاهده شد که با استفاده از سولوپتاس، بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک به‌دست آمد (جدول ۹).

صالحی و همکاران (Salehi et al., 2017) گزارش کردند که کاربرد کود آلی (کود مرغ) در گیاه شنبلیله سبب افزایش عملکرد بیولوژیک شد. اسماعیلیان و جلالی (Esmaeilian & Jalali, 2022) نیز بیان کردند که عملکرد بیولوژیک شنبلیله در تیمار کود شیمیایی (۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) بالاتر بود.

شاخص برداشت

داده‌های به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که اثر کود مرغی و سولوپتاس و اثر متقابل کود مرغی و سولوپتاس بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۷). در اثر متقابل سولوپتاس و کود مرغی بر صفت مورد بررسی مشاهده شد که بیشترین شاخص برداشت مربوط به برهم‌کنش کود مرغی ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌همراه ۱/۵ در هزار سولوپتاس به‌دست آمد (جدول ۹). نتایج حاکی از آن است که تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی و در نتیجه، سهم عملکرد دانه در تعیین شاخص برداشت با کاربرد کودهای آلی بیشتر بوده است.

میرلوحی و همکاران (Mirlouhi et al., 2008) در یک بررسی چند ساله در مورد اثر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد گیاه جو (*Hordeum vulgare*) گزارش کردند که مصرف کودهای آلی در مقادیر زیاد سبب افزایش شاخص برداشت و عملکرد گیاه جو شد. اصفهانی و همکاران (Esfahani et al., 2005) هم دریافتند که مقادیر مختلف پتاس تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نداشت. پتاس به‌علّت افزایش برخی از اجزاء عملکرد موجب افزایش شاخص برداشت گیاه برنج (*Oryza sativa*) می‌شود.

نتیجه‌گیری

در تولید گیاهان دارویی علاوه‌بر شرایط آب‌وهوایی، فاکتورهای خاکی نیز از اهمیت خاصی برخوردار هستند. عناصر غذایی نه‌تنها در افزایش میزان محصول گیاهان دارویی همانند بقیه گیاهان مؤثر هستند، بلکه کیفیت محصول تولیدی را نیز تغییر می‌دهند. استفاده از کود مرغی به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که عمدتاً از سطح ماده آلی پایین برخوردارند، علاوه‌بر افزایش ماده آلی خاک و فراهمی عناصر غذایی می‌تواند خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی این خاک‌ها را بهبود بخشد. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین سطح تیمار کود مرغی، بالاترین میزان اکثر صفات رشدی را دارا بود که البته با سطح ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین در اثر کود سولوپتاس، بیشترین سطح سولوپتاس یعنی پنج در هزار، بیشترین میزان صفات رشدی را دارا بود. در اثر متقابل دو کود مورد بررسی مشاهده شد که برهم‌کنش کود آلی و شیمیایی سبب تأثیر دوچندان بر صفات رشدی مورد بررسی گردید. در اثر کود مرغی مشاهده شد که به‌جز صفت شاخص برداشت، این کود روی همه صفات عملکردی تأثیر معنی‌داری داشت و بیشترین سطح یعنی ۲۰۰۰ در بین سطوح مورد بررسی، بیشترین میزان صفات را دارا بود. همچنین بیشترین سطح سولوپتاس، بالاترین میزان این صفات را دارا بود. در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که در بین اثرهای ساده، بیشترین میزان صفات مربوط به کود مرغی بود و در بین سطوح مورد بررسی در دو تیمار، سطح ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود مرغی و پنج در هزار سولوپتاس برای دستیابی به محصول بهتر برای گیاه شنبلیله پیشنهاد می‌گردد.

References

1. Aasim, M., Baloch, F., Nadeem, M., Bakhsh, A., Sameeullah, M., & Day, S. (2018). Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.): An underutilized edible plant of modern world. In M. Ozturk, K. Rehman, H. Muhammad,

and S. Aqeel Ahmad (Eds). *Global Perspectives on Underutilized Crops*. Springer International Publishing AG. p. 381-408. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77776-4_12

2. Abbasi, M.K., Khaliq, A., Shafiq, M., Kazmi, M., & Ali, I. (2010). Comparative effectiveness of urea N, poultry manure and their combination in changing soil properties and maize productivity under rainfed conditions in Northeast Pakistan. *Experimental Agriculture, 46*(2), 211-230. https://doi.org/10.1017/s0014479709991050
3. Adim, G., Malekzadeh, E., Dordipour, E., Kiani, F., Mokhtarpour, H., & Moazzemi, S. (2022). Evaluation of the integrated effect of chemical and bio-organic fertilizers on yield and yield components of rapeseed. *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific Journal of Agriculture), 45*(2), 119-135. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22055/AGEN.2022.40631.1632
4. Al-Taai, S.H.H. (2021). The effect of fertilizer uses on environmental pollution: A review. *Review of International Geographical Education Online, 11*(5), 3620-3529.
5. Alizadeh, P., Fallah, S., & Raiesi, F. (2012). Potential N mineralization and availability to irrigated maize in a calcareous soil amended with organic manures and urea under field conditions. *International Journal of Plant Production, 6*(4), 493-512. https://doi.org/10.22069/IJPP.2012.762
6. Allahvirdizadeh, N., & Deljou, M.N. (2014). Effect of humic acid on morph-physiological traits, nutrients uptake and postharvest vase life of pot marigold cut flower (*Calendula officinalis* cv. Crysantha) in hydroponic system. *Journal of Science Technology of Greenhouse Culture, 5*(18), 133-143. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.20089082.1393.5.2.12.6
7. Azizi, M., Soltani, A., & Khavari Khorasani, S. (2008). Canola (physiology, agronomy, breeding and biotechnology). Jihad University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 230 p. (In Persian)
8. BS, E. (2005). Effect of poultry dung and cattle manure on chemical properties of clay and sandy clay loam soil. *Journal of Animal and Veterinary Advances, 4*(10), 839-841.
9. Chen, J.H. (2006). *The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility*. Paper presented at the International workshop on sustained management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use.
10. ElNour, M.E., Ali, A.M., & Saeed, B. (2015). Antimicrobial activities and phytochemical screening of callus and seeds extracts of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). *International Journal of Current Microbiology Applied Sciences, 4*(2), 147-157.
11. Esfahani, M., Sadrzadeh, S.M., Kavoosi, M., & Dabagh-Mohammadi-Nasab, A. (2005). Study the effect of different levels of nitrogen and potassium fertitizers on yield, yield components and growth of rice c. v. Khazar. *Iranian Society of Crops and Plant Breeding Sciences, 7*(3), 226-241. (In Persian with English abstract). http://dorl.net/dor/20.1001.1.15625540.1384.7.3.4.0
12. Esmaeilian, Y., & Jalali, A. (2022). Evaluation of quantitative, qualitative, and economic aspects of garlic (*Allium sativum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) intercropping under organic and chemical nutrition systems. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 38*(1), 133-149. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2022.354814.3003
13. Fallah, S., Ghalavand, A., & Raiesi, F. (2013). Soil chemical properties and growth and nutrient uptake of maize grown with different combinations of broiler litter and chemical fertilizer in a calcareous soil. *Communications in Soil Science Plant Analysis, 44*(21), 3120-3136. https://doi.org/10.1080/00103624.2013.832284
14. Ghalenoei, M., Moafporian, G., & Drostkar, M. (2014). Effect of potassium and zinc application on yield and yield components in normal irrigation and deficit irrigation. *Journal of Plant Ecophysiology, 6*(18), 55-68. (In Persian with English abstract). https://doi.org/20.1001.1.20085958.1393.6.18.5.4
15. Ghanbari, S., Moradi Telavat, M., & Siadat, S.A. (2017). Evaluation of competitive indices in barley intercropped with fenugreek under manure applications. *Journal of Crops Improvement, 18*(4), 821-834. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jci.2017.56654
16. Gopalan, C., Rama Sastri, B., & Balasubramanian, S. (2004). *Nutritive Value of Indian Foods. National Institute of Nutrition, ICMR, Hyderabad*.
17. Griffe, P., Metha, S., & Shankar, D. (2003). Organic production of medicinal, aromatic and dye yielding plants (MADPs): forward, preface and introduction. *Food Agriculture Organization, 2*, 52-63.
18. Hanway, J.J., & Johnson, J.W. (1985). Potassium nutrition of soybeans. In R.D. Munson (Ed.). *Potassium in Agriculture*. ASA-CSSA-SSSA. p. 753-764.

19. Hossain, M.D., Musa, M.H., Talib, J., & Jol, H. (2010). Effects of nitrogen, phosphorus and potassium levels on kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) growth and photosynthesis under nutrient solution. *Journal of Agricultural Science, 2*(2), 49-57. https://doi.org/10.5539/jas.v2n2p49
20. Houshyarifard, M., & Qaranchik, A. (2009). Effect of source and rate of manures on incidence and severity of important diseases, yield and yield components in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Iranian Society of Crops and Plant Breeding Sciences, 11*(3), 237-248. (In Persian with English abstract)
21. Ibrahim, F.R., & Helaly, A. (2017). Growth and productivity response to nitrogen, potassium and humic acid of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) plant. *Middle East Journal of Agriculture Research, 6*(4), 1526-1535.
22. Jasim, A.H., Ali, A.H., & Lilo, S.A. (2016). Effect of organic and chemical soil fertilizers and their interactions with foliar fertilizer on some vegetative growth of fenugreek. *Annales of West University of Timisoara. Series of Biology, 19*(2), 199-206.
23. Javanmard, A., & Shekari, F. (2016). Improvement of seed yield, its components and oil content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) by applications of chemical and organic fertilizers. *Journal of Crop Ecophysiology, 10*(37 (1)), 35-56. (In Persian with English abstract)
24. Jianrong, F., Changgeng, Z., Lina, J., & Zheng, W.J. (1995). Potassium improves yield and quality of mulberry leaves. *Beter Crops*, 79(4).
25. Karimi Zinkanlou, S., Hemti, K., & Khairkhah, M. (2015). The effect of different levels of organic fertilizers on the morphophysiological traits of *Ziziphora clinopodioides*. *Plant Production Research Journal, 23*(4), 1-16. http://dx.doi.org/10.12988/asb.2015.519
26. Maghsudi, E., Ghalavand, A., & Aghaalikhan, M. (2014). The effect of different levels of fertilizer (organic, biological and chemical) on morphological traits and yield of maize single cross hybrid 704. *Applied Field Crops Research, 27*(104), 129-135. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22092/AJ.2014.101820
27. Mandal, S., & DebMandal, M. (2016). Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) oils. In V.R. Preedy (Ed.) *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. (Elsevier. p. 421-429. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416641-7.00047-x
28. Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd Ed. Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim: Germany.
29. Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H., Mirzai Motlagh, M., Salehi, M., & Ghiasi Yekta, M. (2017). Phytochemical and morphophysiological responses of dill (*Anethum graveolens* L.) to foliar application of potassium sulfate and methanol biostimulant. *Journal of Medicinal Plants, 16*(64), 93-108.
30. Mirhashemi, S.M., Koocheki, A.R., Parsa, M., & Nassiri Mahallati, M. (2009). Evaluating the benefit of ajowan and fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. *Iranian Journal of Field Crops Research, 7*(1), 271-281. (In Persian with English abstract).
31. Mirlouhi, A.F., Mohammadi, R., Razavi, S.J., & Nourbakhsh, F. (2008). Effect of different fertilizer applications during rice and corn cultivation on barley yield in a three years replication. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science, 18*(3), 161-171. (In Persian with English abstract).
32. Naser, A.A. (2017). Study of response *Trigonella foenum-graecum* to spraying with high potassium (Miller) and high phosphor (Agroleaf). *Tikrit Journal of Pure Science, 22*(9), 6-10. https://doi.org/10.25130/tjps.v22i9.866
33. Noorgholipour, F., Samavat, S., & Tehrani, M. (2019). *The necessity of combined application of chemical and organic fertilizers in sustainable agricultural systems*. Paper presented at the First Congress of Fertilizer Challenges in Iran: Half a Century of Fertilizer Consumption, Tehran, Iran.
34. Pandey, V., Patel, A., & Patra, D. (2016). Integrated nutrient regimes ameliorate crop productivity, nutritive value, antioxidant activity and volatiles in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Industrial Crops Products, 87*, 124-131. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.035
35. Pandey, V., & Patra, D. (2015). Crop productivity, aroma profile and antioxidant activity in *Pelargonium graveolens* L'Hér. under integrated supply of various organic and chemical fertilizers. *Industrial Crops Products, 67*, 257-263. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.01.042
36. Perramon, B., Bosch-Serra, A., Domingo, F., & Boixadera, J. (2016). Organic and mineral fertilization management improvements to a double-annual cropping system under humid Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy, 76*, 28-40. https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.01.014
37. Rezae, M., & Baradaran, R. (2013). Effects of bio fertilizers on the yield and yield components of pot marigold

(*Calendula officinalis* L.). *Iranian Journal of Medicinal Aromatic Plants Research*, *29*(3), 635-650. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2013.4047

38. Rostaei, M., & Fallah, S. (2016). Assessment of canopy characteristics and essential oil yeild of fenugreek and black cumin in intercropping under application of organic and chemical ferilizer. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *25*(4), 1-23. (In Persian with English abstract).
39. Rostaie, M., Falah, S., & Souraki, A. (2015). Effect of fertilizer sources on growth, yield and yield components of fenugreek intercropped with black cumin. *Journal of Crop Production*, *7*(4), 222-197. (In Persian with English abstract). http://doi.org/20.1001.1.2008739.1393.7.4.11.0
40. Sadrzadeh, M., & Moalemi, N. (2005). The effect of water and potassium stress on the vegetative characteristics of young olive seedlings, Zard cultivars and Baghmolek. *Agricultural Research*, *6*(4), 1-10.
41. Sakinejad, T. (2003). Study of effect of water deficit on the trend of uptake of N, P, K and Na at different growth stages considering the morphological and physiological traits of maize in Ahvaz climate. Ph.D. Dissertation on Crop Physiology, Science and Research Branch, Ahvaz, Iran,
42. Salehi, A., Fallah, S., Abasi Sourki, A., & Tadayon, M.R. (2017). Evaluation of yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) under organic and chemical fertilizers. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 33*(2), 338-352. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijmapr.2017.106802.1804
43. Scharf, P.C., Kitchen, N.R., Sudduth, K.A., Davis, J.G., Hubbard, V.C., & Lory, J.A. (2005). Field-scale variability in optimal nitrogen fertilizer rate for corn. *Agronomy Journal*, *97*(2), 452-461. https://doi.org/10.2134/agronj2005.0452
44. Seilsepour, M. (2014). Study of potassium and zinc effects on quantity and quality parameters and grain cadmium content of winter wheat irrigated by waste water. *Applied Field Crops Research*, *27*(104), 96-105. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22092/AJ.2014.101683
45. Shafii Zargar, A. (2015). Investigating the quantitative and qualitative characteristics of green cucumber according to organic and mineral substances in autumn cultivation. M.Sc. thesis, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
46. Shirvanipour, L., Panahi Kordloghari, K., & Kalidri, A.p. (2013). Investigating the effect of different levels of potassium sulfate on yield and yield components of three varieties of mung bean. Paper presented at the Second National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture. Hamedan. Hegmatane Environmental Assessor Association, Iran.
47. Siadat, S.A., & Moradi-Telavat, M.R. (2018). *Practical Aspects of Organic Farming*. Tehran: Agricultural Education and Extension Press, 500 p. (In Persian).
48. Tahami, S., Rezvani Moghaddam, P., & Jahan, M. (2010). Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agroecology*, *2*(1), 63-74. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/JAG.V2I1.7603
49. Uwah, D.F., Ogar, C.C., & Akpan, R.J. (2014). Effects of poultry manure and plant population on soil properties and agronomic performance of sweet maize (*Zea mays* L. Saccharata Strut). *International Journal of Applied*, *4*(4), 1-20.
50. Vedpathak, M., & Chavan, B. (2016). Fertilizers effects on growth and yield components of fenugreek vegetable (*Trigonella foenum-graecum* L.) in a field trial. *International Journal for Innovative Research in Science Technology*, *3*(7), 180-183.
51. Wani, S.A., & Kumar, P. (2018). Fenugreek: A review on its nutraceutical properties and utilization in various food products. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *17*(2), 97-106. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.01.007
52. Zhao, J., Ni, T., Li, J., Lu, Q., Fang, Z., Huang, Q., Zhang, R., Li, R., Shen, B., & Shen, Q. (2016). Effects of organic–inorganic compound fertilizer with reduced chemical fertilizer application on crop yields, soil biological activity and bacterial community structure in a rice–wheat cropping system. *Applied Soil Ecology*, *99*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.11.006